

替代寄主米蛾卵驯化对夜蛾黑卵蜂 相关生物学参数的影响

李维薇^{1,2} 王德海³ 刘正玲⁴ 李伟⁴ 宁德凯⁴ 罗嵘³ 詹菽国⁴
史爱民⁵ 王春娅⁵ 谢永辉^{4*}

(1. 中国科学院昆明动物研究所, 云南省城市生物多样性国际研发中心, 云南省西南及跨境生物多样性重点实验室, 昆明 650223; 2. 云南农业大学植物保护学院, 昆明 650201; 3. 云南省植保植检站, 昆明 650034; 4. 云南省烟草公司昆明市公司, 昆明 650300; 5. 云南推动者生物科技有限公司, 昆明 650117)

摘要: 为评估替代寄主米蛾 *Corcyra cephalonica* 卵能否用于驯化天敌夜蛾黑卵蜂 *Telenomus remus* 及其驯化效果, 通过分析不同驯化代数夜蛾黑卵蜂对米蛾卵的寄生效果, 比较用米蛾卵驯化的 F₃₀ 代夜蛾黑卵蜂品系和用斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* 卵驯化的夜蛾黑卵蜂品系的发育历期、寿命和寄生效果等生物学参数的差异。结果显示, 用米蛾卵驯化的 F₁、F₁₀ 和 F₃₀ 代夜蛾黑卵蜂对米蛾卵的寄生率分别为 1.94%、16.14% 和 85.00%, 子代蜂羽化率分别为 4.76%、30.28% 和 85.72%, 随着米蛾卵驯化代数增长, 夜蛾黑卵蜂的寄生率和子代蜂羽化率均显著增加。用米蛾卵驯化的 F₃₀ 代夜蛾黑卵蜂品系的发育历期和雌成蜂寿命分别为 12.67 d 和 6.92 d, 前者显著长于用斜纹夜蛾驯化的夜蛾黑卵蜂品系, 后者与用斜纹夜蛾驯化的夜蛾黑卵蜂品系无显著差异。用米蛾卵驯化的 F₃₀ 代夜蛾黑卵蜂品系和用斜纹夜蛾驯化的夜蛾黑卵蜂品系对斜纹夜蛾的寄生率分别为 98.63% 和 99.04%, 子代蜂羽化率分别为 84.33% 和 80.81%, 2 个品系之间均无显著差异。表明米蛾卵是夜蛾黑卵蜂扩繁的优良替代寄主, 在夜蛾黑卵蜂商品化应用及生物防治夜蛾科害虫方面有巨大潜力。

关键词: 夜蛾黑卵蜂; 米蛾卵; 斜纹夜蛾; 驯化; 生物防治; 替代寄主

Effects of domestication of factitious host *Corcyra cephalonica* eggs on related biological parameters of egg parasitoid *Telenomus remus*

Li Weiwei^{1,2} Wang Dehai³ Liu Zhengling⁴ Li Wei⁴ Ning Dekai⁴ Luo Rong³
Zhan Youguo⁴ Shi Aimin⁵ Wang Chunya⁵ Xie Yonghui^{4*}

(1. Key Laboratory of Southwest and Cross-Border Biodiversity of Yunnan Province, Yunnan International Joint Center of Urban Biodiversity, Kunming Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, Yunnan Province, China; 2. College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, Yunnan Province, China; 3. Yunnan Plant Protection and Quarantine Station, Kunming 650034, Yunnan Province, China; 4. Kunming Branch of Yunnan Tobacco Corporation, Kunming 650300, Yunnan Province, China; 5. Yunnan Tuidongzhe Biotechnology Co., Ltd., Kunming 650117, Yunnan Province, China)

Abstract: This study aimed to evaluate the suitability of using the factitious host *Corcyra cephalonica* eggs for domesticating the natural enemy *Telenomus remus* and its effect on domestication. The parasitic effects of *T. remus* on different generations of domesticated *C. cephalonica* eggs were analyzed.

基金项目: 云南省重大科技专项计划 (202102AA310055), 云南省烟草公司科技计划 (2023530000241011, YNDG202302YY07), 中国科学院西部之光

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: xiaohui3615@163.com

收稿日期: 2023-08-29

Biological parameters including developmental period, female longevity, and parasitism efficacy were compared between the domesticated F_{30} generation of *C. cephalonica* eggs and *Spodoptera litura* eggs. The results showed that the parasitism rates for domesticated F_1 , F_{10} , and F_{30} generations were 1.94%, 16.14%, and 85.00%, respectively, with emergence rates of 4.76%, 30.28% and 85.72%. Parasitism and emergence rates of *T. remus* reared on *C. cephalonica* eggs were significantly increased. The developmental duration and female longevity of the domesticated F_{30} generation of *C. cephalonica* eggs were 12.67 d and 6.92 d, respectively. Although the developmental duration was significantly extended compared to the domesticated *S. litura* strain, female longevity did not significantly differ. The parasitism and emergence rates of the domesticated F_{30} generation of *C. cephalonica* eggs were 98.63% and 84.33%, respectively, and for *S. litura* eggs were 99.04% and 80.81%, respectively, with no significant difference observed. These results indicate that *C. cephalonica* eggs are excellent factitious hosts for propagating *T. remus*, demonstrating significant potential for commercial application and biological control of Noctuidae pests.

Key words: *Telenomus remus*; *Corcyra cephalonica* egg; *Spodoptera litura*; domestication; biological control; factitious host

夜蛾黑卵蜂 *Telenomus remus* 属膜翅目缘腹细蜂科, 是多种鳞翅目夜蛾科昆虫卵期的重要寄生性天敌 (Cave, 2000; Liao et al., 2019)。夜蛾黑卵蜂对烟青虫 *Helicoverpa assulta* 和棉铃虫 *H. armigera* 均有一定的寄生能力 (Pomari et al., 2012; 2013; 吴志美等, 2021)。草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 是 2019 年入侵我国的重大迁飞性害虫, 对玉米和水稻等作物造成重大威胁 (王磊等, 2019; 李涛等, 2020)。为了有效控制草地贪夜蛾为害, Kenis et al. (2019) 考虑使用夜蛾黑卵蜂进行生物防治, 并且被证实夜蛾黑卵蜂是防控草地贪夜蛾最有效的天敌之一 (Cave, 2000; Pomari-Fernandes et al., 2018; Liao et al., 2019)。在国内夜蛾黑卵蜂被用于室内和田间防控草地贪夜蛾, 并取得显著成效, 如夜蛾黑卵蜂对草地贪夜蛾卵块的寄生率可达到 100%, 对卵粒的寄生率达到 80% 以上 (霍梁霄等, 2019; 赵旭等, 2020; 杜广祖等, 2021), 此外夜蛾黑卵蜂对常见的夜蛾科其他害虫也有很强的寄生能力, 如对斜纹夜蛾 *S. litura*、南方灰翅夜蛾 *S. eridania* 和甜菜夜蛾 *S. exigua* 卵粒的寄生率高达 90% 以上。因此夜蛾黑卵蜂在防治夜蛾科害虫方面潜力巨大。

从 20 世纪 70 年代开始, 国外学者就开展了夜蛾黑卵蜂室内人工扩繁和规模化饲养方面的研究 (Gerling, 1972; Pomari et al., 2012; Naranjo-Guevara et al., 2020)。目前, 多利用草地贪夜蛾、斜纹夜蛾和甜菜夜蛾卵作为寄主进行夜蛾黑卵蜂的规模化繁育 (Pomari et al., 2013; 吴志美等, 2021; 谢永辉等, 2021), 但夜蛾科寄主存在幼虫自相残杀、卵不耐存

储和易感病等问题, 这导致夜蛾黑卵蜂规模化繁育成本过高 (徐莉等, 2020; 唐雪等, 2022)。当务之急是寻求更优质的替代寄主, 不仅能降低卵寄生蜂的饲养成本, 还可提高生防介体利用率。为了保证繁育寄生蜂的品质, 在使用替代寄主扩繁寄生蜂的过程中首先要考虑寄生蜂在替代寄主上的寄生能力和发育情况 (陈万斌等, 2021)。米蛾 *Corcyra cephalonica* 的饲料容易获得, 不受季节和地域限制, 可以终年在室内繁殖, 且在米蛾卵上繁育的子代蜂对米蛾卵的寄生率会提高到 40%, 是扩繁夜蛾黑卵蜂的理想替代寄主 (Queiroz et al., 2017a; 邸宁等, 2018; 陈万斌等, 2021)。巴西学者 Pomari-Fernandes et al. (2016) 利用米蛾卵成功繁育了夜蛾黑卵蜂, 但目前国内用米蛾卵均未成功繁育夜蛾黑卵蜂 (戴鹏等, 2019; 霍梁霄等, 2019)。利用替代寄主繁育寄生蜂可能会影响寄生蜂对自然寄主的寄生能力 (Bertin et al., 2017; Cherif et al., 2021), 因此在大面积推广应用前需对替代寄主驯化后天敌的寄生能力进行评估。

为评估米蛾卵是否可作为替代寄主来驯化夜蛾黑卵蜂, 本研究将米蛾卵作为替代寄主对夜蛾黑卵蜂进行多代繁育驯化试验, 重点研究驯化代数对夜蛾黑卵蜂寄生效果的影响, 比较米蛾卵繁育驯化的 F_{30} 代夜蛾黑卵蜂与自然寄主斜纹夜蛾卵繁育的夜蛾黑卵蜂在发育历期、雌成蜂寿命和对斜纹夜蛾卵的寄生效果等生物学参数的差异, 以期为夜蛾黑卵蜂商品化应用提供依据, 为夜蛾科害虫的绿色防控起到积极促进作用。

1 材料与方法

1.1 材料

供试虫源:自云南省昆明市烤烟田采集斜纹夜蛾3~5龄幼虫,在温度(26±1)℃、相对湿度(65±5)%、光周期14 L:10 D的室内用人工饲料(孙庚等,2015)饲养至成虫,取斜纹夜蛾卵供试;自云南省德宏傣族景颇族自治州瑞丽市玉米田采集被夜蛾黑卵蜂成虫寄生的草地贪夜蛾卵块,待夜蛾黑卵蜂羽化后于温度(26±1)℃、相对湿度(65±5)%、光周期14 L:10 D条件下以斜纹夜蛾卵为寄主继代繁殖,取雌成蜂供试;米蛾幼虫由华南农业大学生物防治教育部工程研究中心提供,在温度(26±1)℃、相对湿度(65±5)%、光周期14 L:10 D条件下用人工饲料(杨丽文等,2014)饲养至成虫,取米蛾卵供试。

仪器:QHX-250BSH-III人工气候培养箱,上海新苗医疗器械制造有限公司;SMZ745体视显微镜,日本尼康公司。

1.2 方法

1.2.1 不同驯化代数夜蛾黑卵蜂对米蛾卵的寄生效果

自A4纸上剪取边长为2 cm的正方形,用纯净水浸湿后吸干表面水分,在A4纸上洒落新鲜米蛾卵,制成米蛾卵卡供夜蛾黑卵蜂寄生。寄生斜纹夜蛾卵后羽化的夜蛾黑卵蜂为 F_0 代,用软毛笔将 F_0 代24 h内羽化的夜蛾黑卵蜂雌成蜂40头接入到含有1张米蛾卵卡的指形管中,蜂卵比为1:10,管内放含有10%蜂蜜水的棉条供雌成蜂补充营养,管口用脱脂棉球封口,寄生米蛾卵24 h后将 F_0 代夜蛾黑卵蜂雌成蜂和蜂蜜水棉条从指形管中移除,用脱脂棉球封口,等待成蜂羽化,羽化出的夜蛾黑卵蜂为 F_1 代,重复上述步骤,用米蛾卵驯化夜蛾黑卵蜂至 F_{10} 代和 F_{30} 代。

用软毛笔将24 h内羽化的 F_1 、 F_{10} 和 F_{30} 代夜蛾黑卵蜂雌成蜂40头接入到含有1张米蛾卵卡的指形管中,蜂卵比为1:10,管内放含有10%蜂蜜水的棉条供夜蛾黑卵蜂雌成蜂补充营养,管口用脱脂棉球封口,寄生24 h后移除夜蛾黑卵蜂雌成蜂。每天09:00观察被寄生的米蛾卵块,用毛笔扫除孵出的米蛾幼虫,体视显微镜下观察记录被寄生卵数量,计算寄生率;待上述雌成蜂的子代蜂完全羽化,记录羽化数量,计算不同驯化代数夜蛾黑卵蜂寄生米蛾卵后的羽化率。寄生率=被寄生卵粒数/供试卵粒数×100%,羽化率=羽化子代蜂数量/被寄生卵数量×100%。每30头为1个重复,每个处理6次重复。

1.2.2 不同夜蛾黑卵蜂品系的发育历期和寿命

用软毛笔将24 h内羽化的、用米蛾卵驯化的 F_{30} 代夜蛾黑卵蜂品系雌成蜂40头接入到含有1张米蛾卵卡的指形管中,蜂卵比为1:10,管内放含有10%蜂蜜水的棉条供雌成蜂补充营养,管口用脱脂棉球封口,寄生12 h后移除雌成蜂。将24 h内羽化的、用斜纹夜蛾卵驯化的夜蛾黑卵蜂品系雌成蜂5头接入到含有1张斜纹夜蛾卵卡的指形管中,蜂卵比为1:50,其他同上。将寄生卵置于温度(26±1)℃、相对湿度(65±5)%、光周期14 L:10 D的人工气候箱中培养,5 d后每个品系各选取饱满的寄生卵60粒于体视显微镜下观察,每1 h观察一次,分别记录羽化时间,直至寄生卵全部羽化,计算发育历期。分别从不同夜蛾黑卵蜂品系羽化的雌成蜂中随机选择10头放入指形管中,以10%蜂蜜水为营养,同时分别放入120粒米蛾卵和斜纹夜蛾卵进行寄生,寄生24 h后取出寄生卵,更换等量的寄主卵,每1 h观察一次,直至夜蛾黑卵蜂全部死亡,计算雌成蜂寿命。

1.2.3 不同夜蛾黑卵蜂品系对斜纹夜蛾卵的寄生效果

用软毛笔将24 h内羽化的、用米蛾卵驯化的 F_{30} 代夜蛾黑卵蜂品系雌成蜂5头和用斜纹夜蛾卵驯化的夜蛾黑卵蜂品系雌成蜂5头分别接入到含有斜纹夜蛾卵卡的指形管中,蜂卵比为1:50,管内放含有10%蜂蜜水的棉条供雌成蜂补充营养,管口用脱脂棉球封口,寄生24 h后移除雌成蜂。每天09:00观察被寄生的斜纹夜蛾卵块,用毛笔扫除孵出的斜纹夜蛾幼虫,记录被寄生卵数量,计算寄生率;待子代蜂完全羽化,记录羽化子代蜂数量,计算羽化率,公式同1.2.1。每30头为1个重复,每个处理6次重复。

1.3 数据分析

采用SPSS 21.0软件进行统计分析。用米蛾卵驯化的夜蛾黑卵蜂对米蛾卵的寄生率和羽化率在 F_1 、 F_{10} 和 F_{30} 代间的差异用单因素方差分析和Duncan氏新复极差法进行差异显著性检验;不同夜蛾黑卵蜂品系的发育历期、寿命和对斜纹夜蛾卵的寄生率和羽化率均采用 t 检验法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同驯化代数夜蛾黑卵蜂对米蛾卵的寄生效果

用米蛾卵驯化的 F_1 、 F_{10} 和 F_{30} 代夜蛾黑卵蜂对米蛾卵的寄生率分别为1.94%、16.14%和85.00%(图1-A),寄生率随驯化代数的增加而显著增加($F_{2,15}=177.60, P<0.01$);用米蛾卵驯化的 F_1 、 F_{10} 和 F_{30} 代夜蛾黑卵蜂子代蜂的羽化率分别为4.76%、30.28%和

85.72%(图 1-B),羽化率也随驯化代数的增加而显著增加($F_{2,15}=29.11, P<0.01$)。夜蛾黑卵蜂寄生前,

米蛾卵呈米白色(图 2-A);被夜蛾黑卵蜂成功寄生后,卵粒开始变黑(图 2-B)。

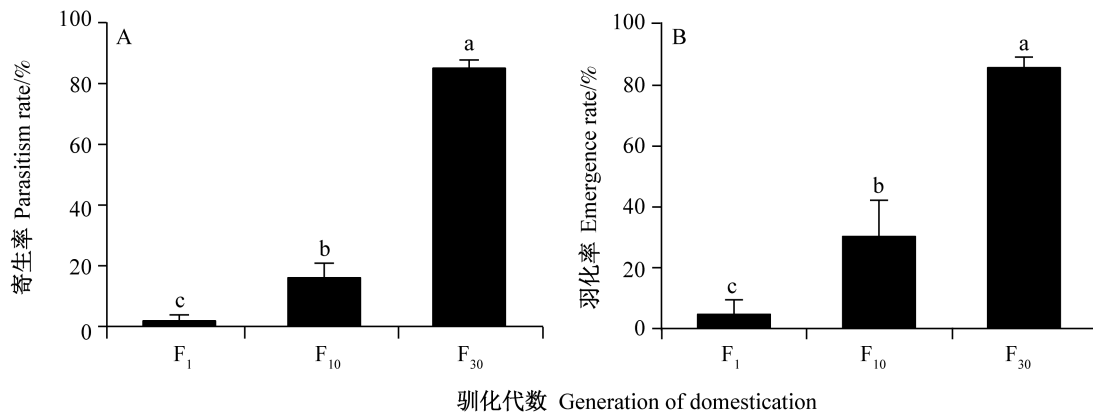


图 1 用米蛾卵驯化的 F₀、F₁₀ 和 F₃₀ 代夜蛾黑卵蜂对米蛾卵的寄生率(A)和子代蜂的羽化率(B)

Fig. 1 Parasitism rate of *Corcyra cephalonica* eggs (A) and emergence rate of offspring (B) by F₀, F₁₀, and F₃₀ generations *Telenomus remus* domesticated with *C. cephalonica* eggs

图中数据为平均数±标准差。不同小写字母表示经Duncan氏新复极差法检验差异显著($P<0.01$)。Data are mean±SD. Different lowercase letters indicate significant difference by Duncan's new multiple range test ($P<0.01$).

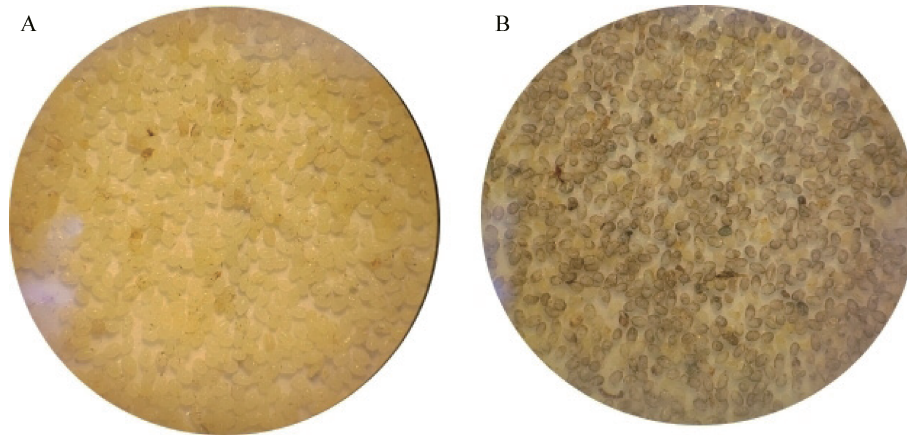


图 2 被夜蛾黑卵蜂寄生前(A)和寄生后(B)的米蛾卵

Fig. 2 Eggs of *Corcyra cephalonica* before (A) and after (B) parasitism by *Telenomus remus*

2.2 不同夜蛾黑卵蜂品系的发育历期和寿命

用米蛾卵驯化的 F₃₀ 代夜蛾黑卵蜂品系和用斜纹夜蛾卵驯化的夜蛾黑卵蜂品系的发育历期分别为 12.67 d 和 11.69 d, 两者之间差异极显著($t=10.506, P=0.001$); 用米蛾卵驯化的 F₃₀ 代夜蛾黑卵蜂品系雌成蜂和用斜纹夜蛾卵驯化的夜蛾黑卵蜂品系雌成蜂的寿命分别为 6.92 d 和 9.49 d, 两者之间无显著差异($t=-1.396, P=0.183$, 表 1)。

2.3 不同夜蛾黑卵蜂品系对斜纹夜蛾卵的寄生效果

用米蛾卵驯化的 F₃₀ 代夜蛾黑卵蜂品系雌成蜂和用斜纹夜蛾卵驯化的夜蛾黑卵蜂品系雌成蜂对斜纹夜蛾的寄生率分别为 98.63% 和 99.04%, 两者之间无显著差异($t=-1.194, P=0.263$); 寄生斜纹夜蛾

后, 用米蛾卵驯化的 F₃₀ 代夜蛾黑卵蜂品系子代蜂的羽化率和用斜纹夜蛾卵驯化的夜蛾黑卵蜂品系子代蜂的羽化率分别为 84.33% 和 80.81%, 两者之间差异不显著($t=0.471, P=0.649$, 表 1)。

3 讨论

随着草地贪夜蛾的入侵, 夜蛾黑卵蜂作为天敌来防控草地贪夜蛾的优势和潜力逐渐受到关注。除成蜂期外, 夜蛾黑卵蜂其他时期均在寄主卵内度过, 因此替代寄主的筛选是其人工扩繁的首要工作, 也是降低生产成本、增加天敌大规模使用的重要步骤(Liao et al., 2019; 陈万斌等, 2021; 吴志美等, 2021)。米蛾饲养不受季节和地理条件限制, 规模化

生产技术成熟,因此米蛾卵常被作为卵寄生蜂的替代寄主(Vincent et al., 2021)。在我国,戴鹏等(2019)率先开展用米蛾卵作为替代寄主繁育夜蛾黑卵蜂的试验,但发现夜蛾黑卵蜂无法寄生米蛾卵。本研究发现用米蛾卵驯化的 F_1 代夜蛾黑卵蜂对米蛾卵的寄生率仅为1.94%,用米蛾卵驯化的 F_{30} 代夜蛾黑卵蜂对米蛾卵的寄生率可达85.00%,羽化率也从4.76%增长至85.72%,夜蛾黑卵蜂的寄生能力随驯化代数的增加而增加。Pomari-Fernandes et al.

(2015)通过研究证实米蛾卵可作为替代寄主扩繁夜蛾黑卵蜂,认为 F_7 代夜蛾黑卵蜂对米蛾卵的寄生能力基本稳定,与继代饲养的 F_{19} 代夜蛾黑卵蜂对米蛾卵的寄生能力基本相似,而本研究结果显示用米蛾卵驯化的 F_1 、 F_{10} 和 F_{30} 代夜蛾黑卵蜂对米蛾卵的寄生能力随驯化代数的增加呈增长状态,且差异显著,究其原因可能是夜蛾黑卵蜂采集地、试验地点以及米蛾和夜蛾黑卵蜂饲养方式不同。

表1 不同夜蛾黑卵蜂品系生长发育和寄生的相关参数

Table 1 Related parameters of growth, development and parasitism of different strains of *Telenomus remus*

品系 Strain	发育历期 Development duration/d	寿命 Longevity/d	寄生率 Parasitism rate/%	羽化率 Emergence rate/%
用米蛾卵驯化的 F_{30} 代夜蛾黑卵蜂品系 <i>F₃₀ generation of T. remus strain using Corcyra cephalonica eggs as hosts</i>	12.67±0.06**	6.92±1.61	98.63±0.21	84.33±5.35
用斜纹夜蛾卵驯化的夜蛾黑卵蜂品系 <i>T. remus strain using Spodoptera litura eggs as hosts</i>	11.69±0.07	9.49±1.05	99.04±0.26	80.81±5.15

表中数据为平均数±标准差。**表示2个处理之间经 t 检验法检验差异显著($P<0.01$)。Data are mean±SD. ** indicates significant difference between two treatments by t test ($P<0.01$).

替代寄主不同会导致寄生蜂的发育历期不同,替代寄主的个体体和发育阶段也会直接影响寄生蜂的发育和繁殖(Hoddle et al., 1998; Ode et al., 2005)。同一替代寄主不同驯化代数对夜蛾黑卵蜂繁育效果也有显著影响。本研究结果显示用米蛾卵驯化的 F_{30} 代夜蛾黑卵蜂品系和用斜纹夜蛾卵驯化的夜蛾黑卵蜂品系的发育历期分别为12.67 d和11.69 d,前者较后者显著增加了0.98 d,与Pomari-Fernandes et al.(2015)研究结果相似。雌成蜂寿命也是寄生蜂成功应用的重要生物学特征,较长的雌成蜂寿命意味着更高的寄生率,或者对目标害虫的控害时间更长(Pomari-Fernandes et al., 2015)。本研究结果显示用米蛾卵驯化的 F_{30} 代夜蛾黑卵蜂品系雌成蜂寿命为6.92 d,短于用斜纹夜蛾卵驯化的夜蛾黑卵蜂品系雌成蜂的(9.49 d),但两者之间差异不显著。驯化代数对夜蛾黑卵蜂雌成蜂寿命也有影响,本研究中用米蛾卵驯化的 F_{30} 代夜蛾黑卵蜂品系雌成蜂的寿命略高于Queiroz et al.(2017b)用米蛾卵驯化的 F_{35} 代夜蛾黑卵蜂品系雌成蜂的寿命,比Pomari-Fernandes et al.(2015)用米蛾卵驯化的 F_{19} 代夜蛾黑卵蜂品系雌成蜂寿命短3.9 d,但与Pomari-Fernandes et al.(2015)研究结果中寄生草地贪夜蛾卵的夜蛾黑卵蜂品系雌成蜂寿命8.3 d较接近。

Hoffmann et al.(2001)研究发现在替代寄主上

连续扩繁多代后玉米螟赤眼蜂 *Trichogramma ostrinae* 对自然寄主欧洲玉米螟 *Ostrinia nubilalis* 的寄生能力有所降低。本研究结果显示,用米蛾卵驯化的 F_{30} 代夜蛾黑卵蜂品系对斜纹夜蛾的寄生率和子代蜂羽化率分别为98.63%和84.33%,与用斜纹夜蛾卵驯化的夜蛾黑卵蜂品系的寄生率和子代蜂羽化率(99.04%和80.81%)无显著差异,表明用米蛾卵驯化的 F_{30} 代夜蛾黑卵蜂品系对自然寄主斜纹夜蛾的寄生能力未发生退化。Queiroz et al.(2017a)研究结果表明用米蛾卵驯化的 F_{45} 代夜蛾黑卵蜂品系对草地贪夜蛾卵的寄生率高达98.51%,表明用替代寄主繁育的寄生蜂对自然寄主的寄生能力未退化,与本研究结果一致。本研究还发现用米蛾卵驯化的夜蛾黑卵蜂个体比自然寄主扩繁的小,可能是因为米蛾卵比夜蛾科寄主卵小,但是夜蛾黑卵蜂个体变小对飞行能力无不利影响(Pomari-fernandes et al., 2016)。因此,在替代寄主米蛾卵上饲养的夜蛾黑卵蜂没有丧失对自然寄主斜纹夜蛾卵的寄生能力,能保证室内繁育寄生蜂的品质。下一步需从米蛾卵预处理、补充营养和环境因子等方面来进一步提高米蛾卵对夜蛾黑卵蜂的扩繁效果,并结合田间释放试验分析用米蛾卵驯化的夜蛾黑卵蜂品系的应用效果。

参 考 文 献 (References)

- Bertin A, Pavinato VAC, Parra JRP. 2017. Fitness-related changes in laboratory populations of the egg parasitoid *Trichogramma galloi* and the implications of rearing on factitious hosts. *BioControl*, 62(4): 435–444
- Cave RD. 2000. Biology, ecology and use in pest management of *Telenomus remus*. *Biocontrol News and Information*, 21(1): 21–26
- Chen WB, Li YY, Xiang M, Li P, Wang MQ, Zhang LS. 2021. Research progress in mass-rearing and utilization of *Telenomus remus* Nixon. *Plant Protection*, 47(6): 11–20, 48 (in Chinese) [陈万斌, 李玉艳, 向梅, 李萍, 王孟卿, 张礼生. 2021. 夜蛾黑卵蜂人工扩繁及应用研究进展. *植物保护*, 47(6): 11–20, 48]
- Cherif A, Mansour R, Grissa-Lebdi K. 2021. The egg parasitoids *Trichogramma*: from laboratory mass rearing to biological control of lepidopteran pests. *Biocontrol Science and Technology*, 31: 661–693
- Dai P, Sun JW, Chen YM, Bao HP, Zhang LS, Nkunika POY, Zang LS. 2019. Discovery of three egg parasitoid species for the control of *Spodoptera frugiperda* (Smith). *Journal of Jilin Agricultural University*, 41(5): 505–509 (in Chinese) [戴鹏, 孙加伟, 陈永明, 包和平, 张礼生, Nkunika POY, 臧连生. 2019. 发现3种防治草地贪夜蛾的卵寄生蜂. *吉林农业大学学报*, 41(5): 505–509]
- Di N, Wei YL, Wang S, Guo XJ, Zhang F. 2018. Optimization of artificial rearing technology for *Corcyra cephalonica* Stainton. *Chinese Journal of Biological Control*, 34(6): 831–837 (in Chinese) [邸宁, 魏瑜岭, 王甦, 郭晓军, 张帆. 2018. 米蛾人工饲养技术优化. *中国生物防治学报*, 34(6): 831–837]
- Du GZ, Hu YL, Chen HY, Wang CY, Shi AM, Chen B. 2021. Morphological characteristics and molecular identification of egg parasitoids (*Telenomus remus* Nixon) of *Spodoptera frugiperda* Smith from maize field. *Journal of Southern Agriculture*, 52(3): 619–625 (in Chinese) [杜广祖, 胡永亮, 陈华燕, 王春娅, 史爱民, 陈斌. 2021. 玉米田草地贪夜蛾卵寄生蜂(黑卵蜂)的形态特征观察及分子生物学鉴定. *南方农业学报*, 52(3): 619–625]
- Gerling D. 1972. The developmental biology of *Telenomus remus* Nixon (Hym., Scelionidae). *Bulletin of Entomological Research*, 61(3): 385–388
- Hoddle MS, van Driesche RG, Sanderson JP. 1998. Biology and use of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa*. *Annual Review of Entomology*, 43: 645–669
- Hoffmann MP, Ode PR, Walker DL, Gardner J, van Nouhuys S, Shelton AM. 2001. Performance of *Trichogramma ostrinia* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) reared on factitious hosts, including the target host, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Biological Control*, 21(1): 1–10
- Huo LX, Zhou JC, Ning SF, Zhao Q, Zhang LX, Zhang ZT, Zhang LS, Dong H. 2019. Biological characteristics of *Telenomus remus* against *Spodoptera frugiperda* and *Spodoptera litura* eggs. *Plant Protection*, 45(5): 60–64 (in Chinese) [霍梁霄, 周金成, 宁素芳, 赵倩, 张龙喜, 张柱亭, 张礼生, 董辉. 2019. 夜蛾黑卵蜂寄生草地贪夜蛾和斜纹夜蛾卵的生物学特性. *植物保护*, 45(5): 60–64]
- Kenis M, du Plessis H, den Berg JV, Ba MN, Goergen G, Kwadjo KE, Baoua I, Tefera T, Buddie A, Cafà G, et al. 2019. *Telenomus remus*, a candidate parasitoid for the biological control of *Spodoptera frugiperda* in Africa, is already present on the continent. *Insects*, 10(4): 92
- Li T, Chen JS, Sun MK, Zhang YY, Liu SY, Fan YM. 2020. Optimization of emergency prevention technology for fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Plant Protection*, 47(4): 900–901 (in Chinese) [李涛, 陈剑山, 孙明凯, 张业扬, 刘诗颖, 范咏梅. 2020. 草地贪夜蛾应急防控技术优化. *植物保护学报*, 47(4): 900–901]
- Liao YL, Yang B, Xu MF, Lin W, Wang DS, Chen KW, Chen HY. 2019. First report of *Telenomus remus* parasitizing *Spodoptera frugiperda* and its field parasitism in southern China. *Journal of Hymenoptera Research*, 73: 95–102
- Naranjo-Guevara N, dos Santos LAO, Chiarina PBNC, e Castro ACMC, Fernandes OA. 2020. Long-term mass rearing impacts performance of the egg parasitoid *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae). *Journal of Entomological Science*, 55(1): 69
- Ode PJ, Hopper KR, Coll M. 2005. Oviposition vs. offspring fitness in *Aphidius colemani* parasitizing different aphid species. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 115(2): 303–310
- Pomari-Fernandes A, Bueno AF, Bueno RCOF, Menezes AO Jr. 2012. Biological characteristics and thermal requirements of the biological control agent *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) reared on eggs of different species of the genus *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 105(1): 73–81
- Pomari-Fernandes A, Bueno AF, Bueno RCOF, Menezes AO Jr. 2013. *Telenomus remus* Nixon egg parasitization of three species of *Spodoptera* under different temperatures. *Neotropical Entomology*, 42(4): 399–406
- Pomari-Fernandes A, Bueno AF, de Bortoli SA. 2016. Size and flight ability of *Telenomus remus* parasitoids reared on eggs of the factitious host *Corcyra cephalonica*. *Revista Brasileira de Entomologia*, 60(2): 177–181
- Pomari-Fernandes A, Bueno AF, de Bortoli SA, Favetti BM. 2018. Dispersal capacity of the egg parasitoid *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygasteridae) in maize and soybean crops. *Biological Control*, 126: 158–168
- Pomari-Fernandes A, Bueno AF, Queiroz AP, de Bortoli SA. 2015. Biological parameters and parasitism capacity of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygasteridae) reared on natural and factitious hosts for successive generations. *African Journal of Agricultural Research*, 10(33): 3225–3233
- Queiroz AP, Bueno AF, Pomari-Fernandes A, Grande MLM, Bortolotto OC, da Silva DM. 2017a. Quality control of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) reared on the factitious host *Corcyra cephalonica* (Lepidoptera: Pyralidae) for successive generations. *Bulletin of Entomological Research*, 107(6): 791–798

- Queiroz AP, Bueno AF, Pomari-Fernandes A, Grande MLM, Bortolotto OC, da Silva DM. 2017b. Low temperature storage of *Telenomus remus* (Nixon) (Hymenoptera: Platygasteridae) and its factitious host *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera: Pyralidae). *Neotropical Entomology*, 46(2): 182–192
- Sun G, Liu SW, Chang XH, Luo YM, Li KK, Song YQ. 2015. Study on effect of an improved artificial rearing technique for *Spodoptera litura* Fabricius. *Shandong Agricultural Sciences*, 47(2): 104–106 (in Chinese) [孙庚, 刘少武, 常秀辉, 罗艳梅, 李轲轲, 宋玉泉. 2015. 一种改进的斜纹夜蛾人工饲养技术的效果研究. *山东农业科学*, 47(2): 104–106]
- Tang X, Lü BQ, Lu H, Tang JH, Liu YL, Yan SQ. 2022. Analysis of cannibalism predation among larvae of *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Environmental Entomology*, 44(3): 523–529 (in Chinese) [唐雪, 吕宝乾, 卢辉, 唐继洪, 刘彦龙, 闫三强. 2022. 草地贪夜蛾幼虫自残捕食量分析. *环境昆虫学报*, 44(3): 523–529]
- Vincent A, Singh D, Mathew IL. 2021. *Corcyra cephalonica*: a serious pest of stored products or a factitious host of biocontrol agents? *Journal of Stored Products Research*, 94: 101876
- Wang L, Chen KW, Zhong GH, Xian JD, He XF, Lu YY. 2019. Progress for occurrence and management and the strategy of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Smith). *Journal of Environmental Entomology*, 41(3): 479–487 (in Chinese) [王磊, 陈科伟, 钟国华, 洗继东, 何晓芳, 陆永跃. 2019. 重大入侵害虫草地贪夜蛾发生危害、防控研究进展及防控策略探讨. *环境昆虫学报*, 41(3): 479–487]
- Wu ZM, Zhan YG, Ke CL, Li WJ, Wang ZJ, Feng GY, Gao X, Wu GX, Xie YH. 2021. Screening of host species for the mass rearing of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygasteridae). *Chinese Journal of Biological Control*, 37(6): 1140–1145 (in Chinese) [吴志美, 詹筱国, 柯昌磊, 李微杰, 王志江, 冯光云, 高熹, 吴国星, 谢永辉. 2021. 规模扩繁夜蛾黑卵蜂的寄主筛选. *中国生物防治学报*, 37(6): 1140–1145]
- Xie YH, Wang CY, Chen YQ, Shi PL, Zhan YG, Wang ZJ, Wu ZM, Wu GX, Shi AM. 2021. A preliminary study of mass rearing *Telenomus remus* Nixon on *Spodoptera litura*. *Chinese Journal of Biological Control*, 37(6): 1146–1151 (in Chinese) [谢永辉, 王春娅, 陈雅琼, 石萍丽, 詹筱国, 王志江, 吴志美, 吴国星, 史爱民. 2021. 利用斜纹夜蛾规模化繁育夜蛾黑卵蜂的初步研究. *中国生物防治学报*, 37(6): 1146–1151]
- Xu L, Li DZ, Chen XL, Zhang SW, Zhou F, Guan XB, Cao Q, Si XL, Li JF, Liu RQ. 2020. The identification and elimination of *Spodoptera litura* nucleopolyhedrovirus. *Journal of Henan Institute of Science and Technology (Natural Science Edition)*, 48(2): 22–27 (in Chinese) [徐莉, 李冬植, 陈锡岭, 张少武, 周锋, 关祥斌, 曹琼, 司贤良, 李剑峰, 刘润强. 2020. 斜纹夜蛾核型多角体病毒的鉴定及室内消除. *河南科技学院学报(自然科学版)*, 48(2): 22–27]
- Yang LW, Wang S, Zhang ZY, Zhang F. 2014. Preliminary researches in mass rearing of predatory natural enemy insect *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). *Journal of Environmental Entomology*, 36(6): 971–977 (in Chinese) [杨丽文, 王甦, 张志勇, 张帆. 2014. 米蛾卵饲养东亚小花蝽的关键点研究. *环境昆虫学报*, 36(6): 971–977]
- Zhao X, Zhu KH, Zhang ZT, He KL, Zhang LS, Zhou JC, Dong H. 2020. Preliminary evaluation of the control efficacy of *Telenomus remus* against *Spodoptera frugiperda* in field conditions. *Plant Protection*, 46(1): 74–77 (in Chinese) [赵旭, 朱凯辉, 张柱亭, 何康来, 张礼生, 周金成, 董辉. 2020. 夜蛾黑卵蜂对草地贪夜蛾田间防效的初步评价. *植物保护*, 46(1): 74–77]

(责任编辑:张俊芳)